

Pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI



Celia López-Carrasco Fernández
María del Pilar Rodríguez Rojo
Alfonso San Miguel Ayanz
Federico Fernández González
Sonia Roig Gómez

Pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI

Celia López-Carrasco Fernández
María del Pilar Rodríguez Rojo
Alfonso San Miguel Ayanz
Federico Fernández González
Sonia Roig Gómez



© Los autores
© De la presente edición
1.^a edición 2011

Edita: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

Edición coordinada por: López Carrasco, C.;
Rodríguez Rojo, M^a P.;
San Miguel Ayanz, A.;
Fernández González, F.;
Roig Gómez, S.

Maquetación: José-Luis B. Quiñones

Imágenes portada: Los autores

Impreso en España

Depósito Legal: M-19806-2011

ISBN: 978-84-614-8713-4

EFECTO ALELOPÁTICO DE ESPECIES INVASORAS DE RIBERA SOBRE LA GERMINACIÓN DE ESPECIES DEL SOTOBOSQUE

M.E PÉREZ CORONA¹, E. CRESPO¹, J. RODRIGO¹, J.A. SANTOS¹, P. DE LAS HERAS¹, P. CASTRO-DÍEZ² y B.R. VÁZQUEZ DE ALDANA³

RESUMEN

La producción de sustancias alelopáticas por las especies vegetales contribuye a incrementar su éxito competitivo frente a otras especies coexistentes dentro de un mismo hábitat, pudiendo llegar incluso a eliminarlas. Las sustancias alelopáticas pueden inhibir la germinación y el crecimiento de otras especies de la comunidad. En los bosques de ribera se ha detectado la presencia de árboles exóticos con potencial invasor en otros ecosistemas pero se desconoce su efecto sobre las especies autóctonas herbáceas.

Nuestra hipótesis es que las especies invasoras podrían utilizar la producción de aleloquímicos de una manera eficiente para desplazar a las especies herbáceas autóctonas, pudiendo llegar a eliminarlas. El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto extractos de hojarasca de especies alóctonas arbóreas (*Ulmus pumila*, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*) y autóctonas (*Populus alba*) sobre la germinación de cuatro especies herbáceas frecuentes en el sotobosque del bosque de ribera del río Henares (Madrid).

Los resultados mostraron una disminución de la velocidad de germinación de *B. phoenicoides* y *B. sylvaticum* con los extractos de las especies alóctonas y autóctonas excepto para el olmo siberiano. *Chenopodium album* no se vio perjudicada por los extractos de las especies alóctonas pero sí por lo de la especie autóctona. La velocidad de germinación de *Dactylis glomerata* fue afectada por los extractos de todas las especies alóctonas. Se concluye que no existe un efecto consistente de los extractos de las hojas de árboles exóticos sobre las herbáceas nativas, sino que éstos dependen tanto de la naturaleza del árbol donante como de la herbácea receptora.

Palabras clave: Olmo de Siberia, ailanto, robinia, constitutivo, ailantona.

INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores problemas que amenazan a la biodiversidad del planeta es la invasión biológica de determinados entornos por especies exóticas (Weber, 2003). Uno de los mecanismos clave de su éxito es la liberación de compuestos que actúan como aleloquí-

¹ Departamento de Ecología. Universidad Complutense de Madrid. 28040. Madrid.

² Departamento de Ecología. Universidad de Alcalá. 28801. Alcalá de Henares.

³ Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología. IRNASA-CSIC. 37008. Salamanca

micos (Callaway *et al.*, 2005) y que son capaces de inhibir el crecimiento y la reproducción de otras especies nativas en el área de introducción (Hierro y Callaway, 2003).

Los bosques de ribera son ecosistemas particularmente sensibles a la invasión de especies vegetales, ya que, además poseer condiciones ambientales particularmente favorables para las plantas, pueden actuar de dispersadores efectivos de propágulos por el cauce (Chytrý *et al.*, 2008). En las riberas del centro de España se han detectado especies arbóreas invasoras como el olmo de Siberia (*Ulmus pumila*) o el ailanto (*Ailanthus altissima*) (Dana *et al.*, 2004). Otras especies ornamentales, como la falsa acacia (*Robinia pseudoacacia*), que se asilvestra en las riberas, ha sido incluida entre las 20 especies invasoras principales en España (GEIB, 2006).

Se ha sugerido que los efectos de las especies invasoras leñosas en los ecosistemas son detectados primeramente en las especies del sotobosque y en su riqueza específica (Decocq 2000).

El objetivo de este estudio es determinar el potencial alelopático de la hojarasca de tres especies exóticas de los bosques de ribera (*Ailanthus altissima*, *Robinia pseudoacacia* y *Ulmus pumila*) sobre la germinación de cuatro especies herbáceas nativas del sotobosque (*Chenopodium album*, *Dactylis glomerata*, *Brachypodium phoenicoides* y *Brachypodium sylvaticum*).

MATERIAL Y MÉTODOS

Zona de estudio y especies consideradas

La zona de estudio se sitúa en el Soto de El Encín, en la margen derecha del Río Henares, término municipal de Alcalá de Henares (Comunidad de Madrid). El clima es mediterráneo continental mitigado por las condiciones propias de una zona ribereña y el suelo es un Xerofluvent Típico sobre materiales cuaternarios indiferenciado.

Las especies arbóreas estudiadas han sido tres invasoras (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Robinia pseudoacacia* L. y *Ulmus pumila* L.) y una autóctona (*Populus alba* L.). El ailanto es originario del Norte de China. La robinia o falsa acacia es una leguminosa con distribución original en el centro de EEUU. El olmo de siberia es originario de Manchuria. El chopo blanco se distribuye naturalmente por el centro y sur de Europa, oeste de Asia y Norte de África. Las especies herbáceas estudiadas son: *Brachypodium phoenicoides* (L.) Roem. y Schult, *Brachypodium sylvaticum* (Huds) Beauv, *Dactylis glomerata* L. (gramíneas) y *Chenopodium album* L. (quenopodiáceas).

Preparación de los extractos acuosos, semillas y diseño experimental

En octubre-noviembre de 2009 se recogieron hojas senescentes de al menos 10 árboles por especie en el Soto de El Encín (robinia, olmo de Siberia y chopo blanco) y en Ciudad Universitaria de Madrid (ailanto). Las hojas se secaron primero a temperatura ambiente y luego en estufa a 65°C. La solución alelopática se preparó con 10 gramos de hojarasca en 1L de agua destilada, en agitación orbital durante 24 horas a 80 rpm. La solución resultante (solución 100%, E100) se filtró con un filtro estéril MILLIPORE Expres-plus (0,22µm) y se realizaron diluciones con agua destilada, al 50% (E50) y al 20% (E20).

Las semillas de las cuatro especies herbáceas fueron obtenidas comercialmente (Semillas silvestres S.L.). Para romper su dormición se tuvieron en agua destilada 24 horas. Se distribuyeron 20 semillas de cada especie en placas Petri con papel de germinación en el fondo (ANOIA, S.A.). Se prepararon tres placas por especie herbácea y tratamiento alelopático (4 especies x 3 concentraciones más un control con agua). A cada placa se le aña-

dieron 4 mL de la solución correspondiente. El tratamiento E20 no pudo realizarse para *B.sylvaticum* por falta de semillas disponibles. Las placas se distribuyeron aleatoriamente en una cámara de germinación donde se mantuvieron en oscuridad y a 24 °C, controlando la humedad con la adición de agua destilada siempre que fuera requerido.

Variables respuesta y análisis estadístico

Se controló diariamente el número de semillas germinadas hasta que ninguna semilla más germinó. Se calculó la velocidad de germinación (Einhellig). $S = (N1 \cdot 1) + (N2-N1)/2 + (N3-N2)/3 + \dots + (Nn - Nn-1)/n$, donde N1, N2 y Nn representan la proporción de semillas que germinan el primer (1), segundo (2) y último (n) día del experimento.

El efecto del tipo de extracto y su concentración sobre el porcentaje y la velocidad de germinación de cada herbácea se analizó con un ANOVA de dos vías, seguido de un test LSD para comparar las medias de los tratamientos para cada especie herbácea. Previamente se comprobó la homogeneidad de varianzas (test de Bartlett), por lo que no fue necesario transformarlas (Statistica 6.0).

RESULTADOS

Los porcentajes de germinación para *B. phoenicoides* y *D.glomerata* no muestran diferencias significativas entre tratamientos ($p>0,05$; Figura 1). Los extractos con concentración máxima (E100) de ailanto y chopo redujeron la germinación de *B. sylvaticum*, mientras que la concentración intermedia (E50) de olmo y robinia tuvo el mismo efecto ($p<0,05$) (Figura 1). En *Ch. album* los efectos de los árboles sobre la germinación fueron similares para todas las dosis (Figura 1). Sólo con chopo se redujo la germinación con E100.

La velocidad de germinación de *Ch. album* no se vió afectada por los tratamientos (Figura 2). En *B.sylvaticum* la velocidad de germinación no cambió con los extractos de olmo pero la concentración máxima (E100) de las otras tres especies arbóreas disminuyó la velocidad con respecto al control (Figura 2). *B.phoenicoides* disminuyó su velocidad de germinación con E100 de chopo y ailanto y E50 de robinia pero se incrementó con E20 de olmo. La velocidad de germinación de *D.glomerata* mostró valores más bajos para todas las especies arbóreas en concentración E100 y E50 con respecto al control.

En general, los resultados mostraron una disminución de la velocidad de germinación de *B. phoenicoides* y *B. sylvaticum* con los extractos de las especies alóctonas y autóctonas, excepto para el olmo siberiano. En el caso de *Ch. album* no se encontró un efecto claro de la adición de los extractos, menos en el caso de la especie autóctona. *Dactylis glomerata* fue afectada por los extractos de todas las especies alóctonas sólo en la velocidad de germinación, pero no en el porcentaje de germinación.

DISCUSIÓN

Los resultados indican que los extractos de las hojas de todas las especies arbóreas analizadas tienden a reducir la velocidad de germinación de las herbáceas autóctonas y en menor medida la germinación. El ailanto produce metabolitos de carácter fitotóxico como la ailantona que es abundante en la corteza del tronco y ramas, y también en las hojas (Heisey, 1997). Este metabolito puede ser el causante de la menor velocidad de germinación de *B.phoenicoides*, *D. glomerata* y *B. sylvaticum* especialmente con concentraciones máximas. Sin embargo se desconocen los mecanismos por los que este compuesto produce tal inhibición. Robinia tiene un efecto más reducido que el ailanto.

El olmo disminuyó la velocidad de germinación de *D.glomerata*, sin embargo la incrementó a bajas dosis en *B. phoenicoides*. Algunas sustancias con actividad alelopática tienen efectos beneficiosos a bajas concentraciones pero superado un determinado umbral,

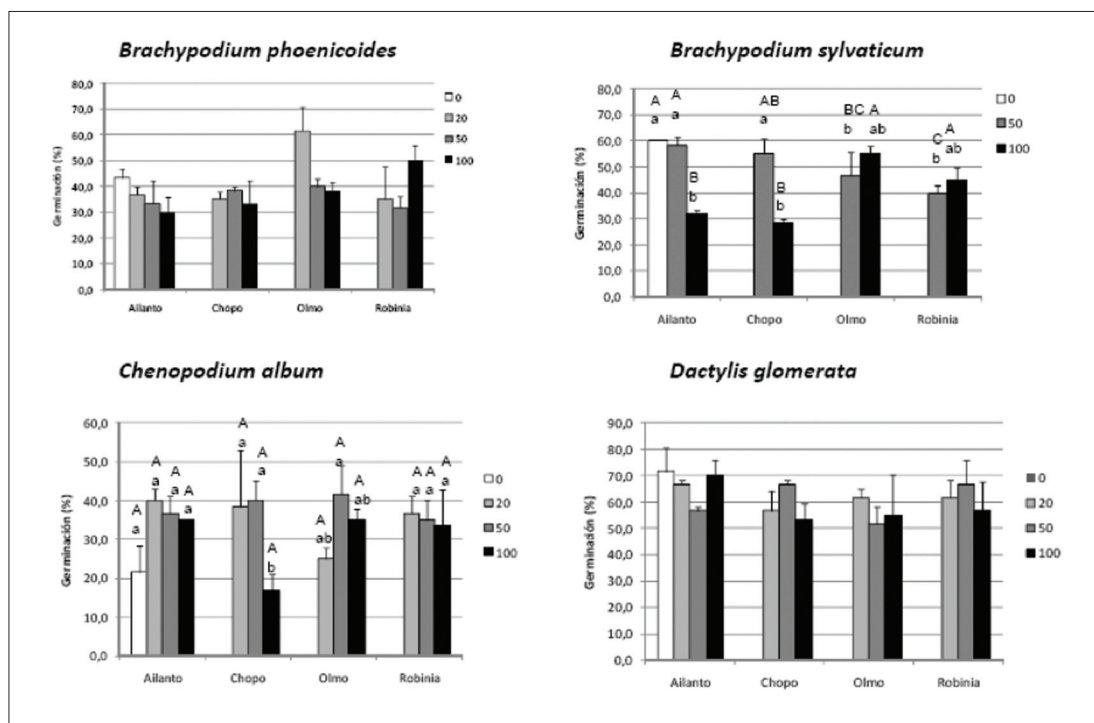


Figura 1 Porcentajes de germinación para las especies herbáceas sometidas a los diferentes tratamientos (especies arbóreas y concentración de extracto). Las letras minúsculas indican diferencias significativas entre las concentraciones para cada especie arbórea ($p < 0,05$) y las mayúsculas las diferencias entre especies para cada concentración ($p < 0,05$).

actúan negativamente (Murillo y De Los Reyes, 2003). También es posible que el contenido en nutrientes inorgánicos procedentes de sedimentos transportados por el viento y que quedan retenidos en la superficie de las hojas haya causado este aumento de la germinación por encima del control, enmascarando el efecto alelopático de las dosis bajas. Como indican Orr *et al.* (2005), la ausencia de efectos inhibitorios no excluye la posibilidad del uso de este mecanismo durante otros momentos del año o con extractos más concentrados.

La especie arbórea autóctona, el chopo, también redujo significativamente la velocidad de germinación de todas las herbáceas, salvo *Ch. album*, lo que sugiere que la producción de sustancias alelopáticas para competir con la vegetación acompañante no es un mecanismo exclusivo de las especies alóctonas. Se trata de una competencia no basada en recursos, sino en agentes con potencial alelopático que es una manera que tienen las plantas de interactuar incluso entre especies indígenas dentro de una comunidad natural (Inderjit *et al.*, 2008).

Cabe destacar que la velocidad de germinación de las herbáceas fue más sensible a los extractos de hojarasca que la germinación final, lo que indica que, si bien las especies acabarán germinando, se produce una ventana temporal de vacío germinativo que puede ser aprovechada por la especie alelopática para utilizar los recursos del medio con una competencia reducida. Quizás los efectos de estos extractos en condiciones naturales puede verse reducido o incrementado como resultado de las posibles interacciones que se producen en la mezcla de aleloquímicos de las diferentes hojarascas que se darán en el suelo.

CONCLUSIONES

Los extractos de hojarasca de todas las especies arbóreas tendieron a reducir la velocidad y, en menor medida, el índice de germinación de las cuatro especies herbáceas. El ai-

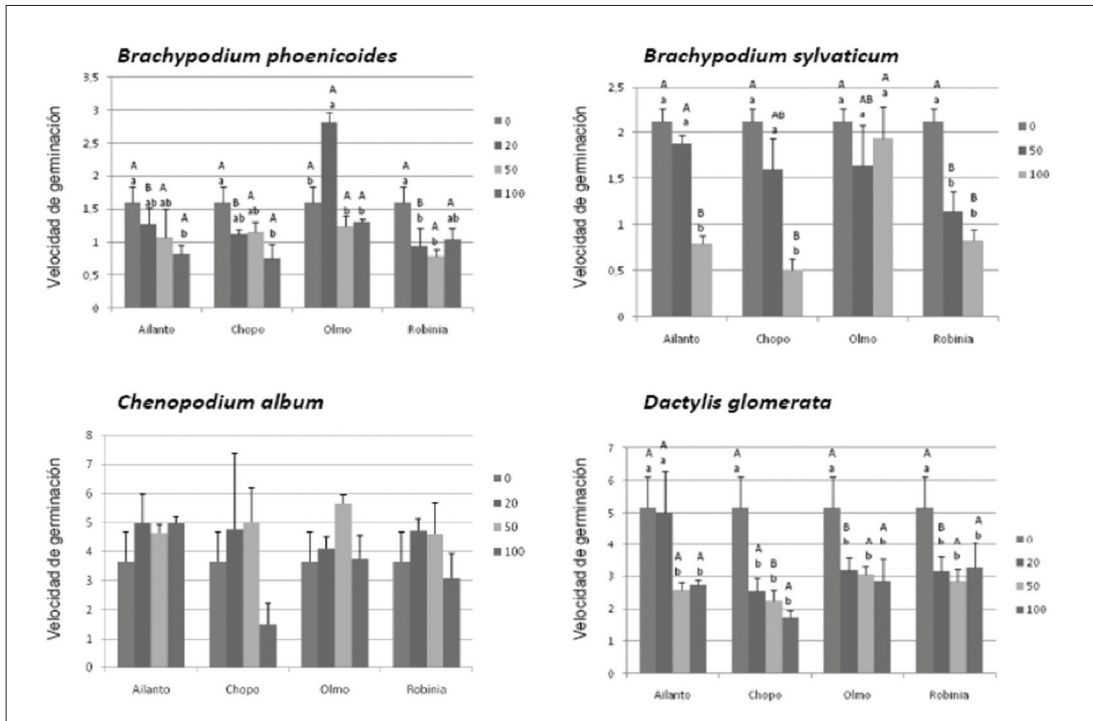


Figura 2 Velocidad de germinación para las especies herbáceas sometidas a los diferentes tratamientos (especies arbórea y concentración de extracto). Las letras minúsculas indican diferencias significativas entre las concentraciones para cada especie arbórea ($p < 0,05$) y las mayúsculas las diferencias entre especies para cada concentración ($p < 0,05$).

lanto ejerce un potente efecto alelopático sobre la germinación de *B. sylvaticum*, *B. phoenicoides* y *D. glomerata*. El olmo, sin embargo, tuvo efectos menos negativos, incluso aceleró la germinación *B. phoenicoides*. El chopo pese a ser una especie autóctona, también redujo la velocidad de germinación de todas las especies herbáceas e incluso el índice de germinación de *Ch. album* y *B. sylvaticum*, lo que sugiere que también tiene efectos alelopáticos.

Agradecimientos

Agradecemos la ayuda de la Dra. Teodora Martínez en la localización de las zonas de campo. Este trabajo ha sido financiado por los proyectos POII10-0179-4700 de la Junta de Castilla La Mancha y CGL2010-16388/BOS del Ministerio de Ciencia e Innovación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CALLAWAY, R. M.; RIDENOUR, W. M.; LABOSKI, T.; WEIR, T.; VIVANCO, J. M., 2005. Natural selection for resistance to the allelopathic effects of invasive plants. *Journal of Ecology* **93**: 576-583.
- CHYTRÝ, M.; MASKELL, L. C.; PINO, J.; PYŠEK, P.; VILÀ, M.; FONT, X.; SMART, M. S. 2008. Habitat invasions by alien plants: a quantitative comparison between Mediterranean, subcontinental and oceanic regions of Europe. *Journal of Applied Ecology*, **45**: 448-458.
- DANA, E. D.; SOBRINO, E.; SANZ-ELORZA, M., 2004. Plantas invasoras en España: un nuevo problema en las estrategias de conservación. En *Atlas y libro rojo de la flora vascular amenazada de España. Taxones prioritarios*. Pp. 1010-1029, A. BAÑARES y al. (eds). Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Madrid.

- GEIB, 2006. TOP 20: Las 20 especies exóticas invasoras más dañinas presentes en España. *GEIB, Serie Técnica N.2*. Pp.: 116.
- HEISEY R.M. 1997. Allelopathy and the secret life of *Ailanthus altissima*. *Arnoldia* **28**: 35.
- HIERRO, J.L.; CALLAWAY, R.M. 2003. Allelopathy and exotic plant invasion. *Plant and Soil*, **256**: 29-39.
- INDERJIT, T. R.; SEASTEDT, R.M.; CALLAWAY, J.L.; POLLOCK, Y.J. 2008. Allelopathy and plant invasions: traditional, congeneric and bio-geographical approaches. *Biol Invasions*, **10**: 875-890.
- MURILLO, E.; DE LOS REYES, L.M. 2003. Potencial alelopático de los lixiviados acuosos y los extractos orgánicos de *Artemisia absinthium* (Asteracea). *Vitae Revista de la facultad de química farmacéutica*, **10(1)**. 51-58.
- ORR, S. P.; RUDGERS, J.A.; CLAY, K. 2005. Invasive plants can inhibit native tree seedlings: testing potencial allelopathic mechanisms. *Plant Ecology*, **181**: 153-165.
- WEBER, E., 2003. *Invasive Plant Species of the World. A Reference Guide to Environmental Weeds*. CABI Publishing. Wallingford.

ALLELOPATHIC EFFECTS OF INVASIVE RIVERINE TREE SPECIES ON THE GERMINATION OF UNDERSTORY SPECIES

SUMMARY

Plants produce allelopathic substances increasing their competitive success over other species coexisting within the same habitat, being able to eliminate them. Allelopathic substances inhibit germination and growth of other species in the community. In the riverside forests, it has been detected, the presence of invasive tree species with demonstrated invasive potential in other ecosystems. Our hypothesis is that invasive species could use the production of allelochemicals in an efficient way to compete against native herbaceous species. The aim of this work was to assess the effects of leaf extracts of invasive species (*Ulmus pumila*, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*) and native (*Populus alba*) on the germination of four grass species frequent in the forest understory bank of the river Henares (Madrid). The results showed that extracts of alien and native species (except Siberian elm) decreased the germination speed of *B. phoenicoides* and *B. sylvaticum*. The effect of extracts in *Chenopodium album* was not clear. The extracts of all alien species affected the germination speed of *Dactylis glomerata*.

Key words: Siberian elm, *Ailanthus*, *Robinia*, constitutive, Ailanthone.

EFFECTO ALEOPÁTICO DE ESPECIES INVASORAS DE RIBERA SOBRE LA GERMINACIÓN DE ESPECIES DEL SOTOBOSQUE

M.E PÉREZ CORONA¹, E. CRESPO¹, J. RODRIGO¹, J. A. SANTOS¹, P. DE LAS HERAS¹, P. CASTRO-DÍEZ² Y B. R. VÁZQUEZ DE ALDANA³

1. Departamento de Ecología. Universidad Complutense de Madrid. 28040. Madrid. 2. Departamento de Ecología. Universidad de Alcalá. 28801. Alcalá de Henares. 3. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca. IRNASA-CSIC. 37008. Salamanca

INTRODUCCIÓN

En las riberas del centro de España se han detectado especies arbóreas invasoras como el Olmo de Siberia (*Ulmus pumila*), el ailanto (*Ailanthus altissima*) o la falsa acacia (*Robinia pseudoacacia*), (Dana et al., 2004; GEIB, 2006). Uno de posibles mecanismos clave de su éxito es la liberación de compuestos que actúan como aleloquímicos (Callaway et al., 2005) y que son capaces de inhibir el crecimiento y la reproducción de otras especies nativas (Hiero y Callaway, 2003).

Se ha sugerido que los efectos de las especies invasoras leñosas en los ecosistemas son detectados primeramente en las especies del sotobosque y en su riqueza específica (Decocq, 2000).

OBJETIVOS

Determinar el potencial alelopático de la hojarasca de tres especies arbóreas exóticas (*Ailanthus altissima* (ailanto), *Robinia pseudoacacia* (robinia) y *Ulmus pumila* (olmo)) y una autóctona (*Populus alba* (chopo)) sobre la germinación de cuatro especies herbáceas nativas del sotobosque (*Chenopodium album*, *Dactylis glomerata*, *Brachypodium phoenicoides* y *Brachypodium silvaticum*), en el bosque de ribera del río Henares (Madrid).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de extractos acuosos, semillas y diseño experimental

Muestreos: octubre-noviembre de 2009 se recogieron hojas senescentes (al menos 10 árboles por especie arbórea en el Soto de El Encín (robinia, olmo y chopo) y en Ciudad Universitaria de Madrid (ailanto)).

Secado de hojas, primero a T ambiente y luego en estufa (65°C).

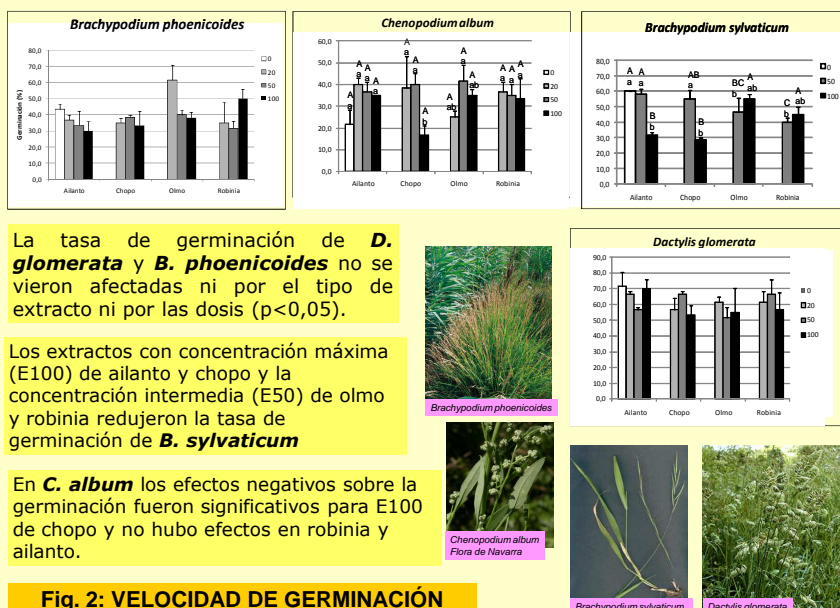
Solución alelopática: 10 g de hojarasca en 1L de agua destilada; agitación orbital durante 24 h a 80 r.p.m. La solución 100% (E100) se filtró con un filtro estéril MILLIPORE Expres-plus (0,22µm) y se realizaron diluciones con agua destilada, al 50% (E50) y al 20% (E20).

Semillas de cuatro especies herbáceas: pretratamiento de 24 h en agua destilada. Se distribuyeron 20 semillas de cada especie en placas Petri con papel de germinación.

Experimento:

4 especies herbáceas x 3 concentraciones de solución alelopática (4 ml) x 4 especies arbóreas + 1 control con agua. Cámara de cultivo en oscuridad, a 24 °C.

Fig. 1: TASA DE GERMINACIÓN

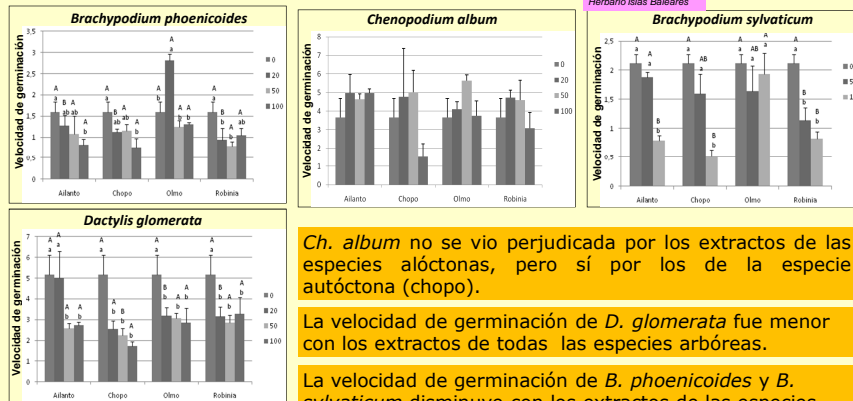


La tasa de germinación de *D. glomerata* y *B. phoenicoides* no se vieron afectadas ni por el tipo de extracto ni por las dosis ($p < 0,05$).

Los extractos con concentración máxima (E100) de ailanto y chopo y la concentración intermedia (E50) de olmo y robinia redujeron la tasa de germinación de *B. silvaticum*.

En *C. album* los efectos negativos sobre la germinación fueron significativos para E100 de chopo y no hubo efectos en robinia y ailanto.

Fig. 2: VELOCIDAD DE GERMINACIÓN



Ch. album no se vio perjudicada por los extractos de las especies alóctonas, pero sí por los de la especie autóctona (chopo).

La velocidad de germinación de *D. glomerata* fue menor con los extractos de todas las especies arbóreas.

La velocidad de germinación de *B. phoenicoides* y *B. silvaticum* disminuye con los extractos de las especies alóctonas y autóctonas (excepto para el olmo siberiano).

El ailanto produce metabolitos de carácter fitotóxico como la ailantona, abundante en la corteza del tronco, ramas y hojas (Heisey, 1997), que puede ser el causante de la menor velocidad de germinación de *B. phoenicoides*, *D. glomerata* y *B. silvaticum*, especialmente con concentraciones máximas.

Variables respuesta

Tasa de germinación

Velocidad de germinación (Einhellig):

$$S = (N1.1) + \frac{(N2 - N1)}{2} + \frac{(N3 - N2)}{3} + \dots + \frac{(Nn - Nn-1)}{n}$$

(N1, N2 y Nn: proporción de semillas que germinan el primer (1), segundo (2) y último (n) día del experimento).

Análisis estadístico

Efecto del tipo de extracto y la concentración sobre la tasa y la velocidad de germinación de cada herbácea mediante ANOVA de dos vías y test LSD (Statística 6.0).

El olmo disminuyó la velocidad de germinación de *D. glomerata*; sin embargo, la incrementó a bajas dosis en *B. phoenicoides*.

CONCLUSIONES

- Los extractos de hojarasca de todas las especies arbóreas tendieron a reducir la velocidad y, en menor medida, la tasa de germinación de las cuatro especies herbáceas.
- No existe un efecto consistente de los extractos de hojas de los árboles exóticos sobre las herbáceas nativas.
- Los efectos dependen tanto de la naturaleza del árbol donante como de la herbácea receptora.
- La especie arbórea autóctona -el chopo- redujo también significativamente la velocidad de germinación de todas las herbáceas, salvo *Ch. album*, lo que sugiere que la producción de sustancias alelopáticas para competir con la vegetación acompañante no es un mecanismo exclusivo de las especies alóctonas.